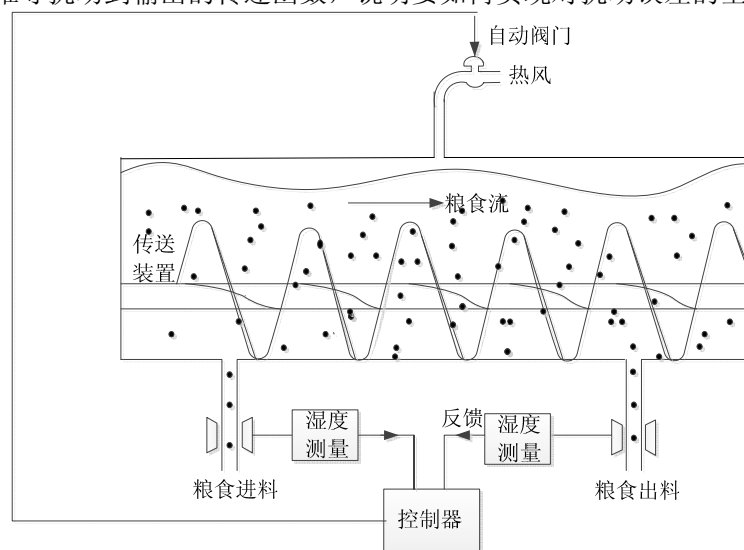


1. 设开环传递函数 $G(s) = \frac{250(s+1)}{s^2(s+5)(s+10)}$ ，试求出开环系统各环节的对数幅频特性的转折频率。
2. 系统的开环传递函数 $G(s)H(s) = \frac{K(T_2s+1)}{s^2(T_1s+1)}$ ($T_1, T_2 > 0$)，试分别画出 $T_1 > T_2$, $T_1 = T_2$, $T_1 < T_2$ 的奈氏图简图，并判别稳定性。
3. 试说明积分环节 $G(s) = \frac{1}{s}$ 的频率特性，并画出其频率特性的极坐标图。
4. 设开环传递函数 $G(s) = \frac{10}{(s+1)(s+10)}$ ，试说明开环系统频率特性极坐标图的起点和终点。
5. 设二阶系统的闭环传递函数为 $G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$ ，当 $0 < \xi < 1$ 时，试说明它的特征方程和特征根是什么？并将特征根在根平面上表示出来，再说明系统是否稳定？
6. 已知闭环二阶系统频率特性 $G(j\omega) = \frac{10}{(j\omega)^2 + j6\omega + 10}$ ，试问有无谐振频率 ω_r ？为什么？
7. 试分析并画出一阶系统 $G(s) = \frac{K}{Ts+1}$ 在不同放大倍数 K ($K_1 < K_2 < K_3$) 时的单位阶跃响应曲线。
8. 设一阶系统的闭环传递函数为 $G(s) = \frac{1}{Ts+1}$ ，试分析并画出其不同时间常数 T ($T_1 < T_2 < T_3$) 时的单位阶跃响应曲线。
9. 为了便于长期贮存，粮食在保存前往往需热风烘干，右图为利用热风对粮食湿度进行控制的原理图。粮食用传送装置按一定流量通过热风烘干点，热风量由自动阀门控制。加热过程中，粮食进料的湿度当作对粮食湿度控制的扰动作用。为了减小或消除扰动误差，系统对粮食进料的湿度引入了补偿装置。画出系统方块结构图并用符号标注各环节及其输入输出，说明系统的被控对象和被控量，指出控制系统的工作方式。并推导扰动到输出的传递函数，说明要如何实现对扰动误差的全补偿。



10. 设单位负反馈闭环系统的开环传递函数为 $L(s) = \frac{K}{s(s+1)(0.5s+1)}$ ，请求出闭环系统临界稳定的 K 值和对应的闭环特征根。
11. 已知控制系统的结构和参数如下图所示，设 $D(s) = 0$ ，分别求出如下传递函数的表达式： $\frac{Y(s)}{R(s)}$ ， $\frac{E(s)}{R(s)}$ ， $\frac{U(s)}{R(s)}$ ；设 $R(s) = 0$ ，求 $\frac{Y(s)}{D(s)}$ ， $\frac{U(s)}{D(s)}$ 。

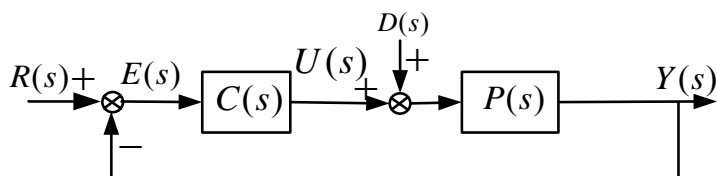


图 1

12. 已知控制系统的结构和参数如下图所示，求输出的拉普拉斯变换 $Y(s)$ 的表达式。

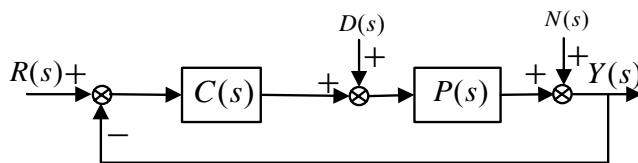


图 1

13. 下图中， $C(s)$ 为比例积分控制器 $C(s) = K_p(1 + \frac{1}{T_i s})$, $K_p > 0$, 闭环系统稳定且 $P(0) \neq 0$ 。若 $r(t) = d(t) = 1(t)$, $1(t)$ 为单位阶跃函数，证明系统达到稳态时 $y(t) = 1$ 。

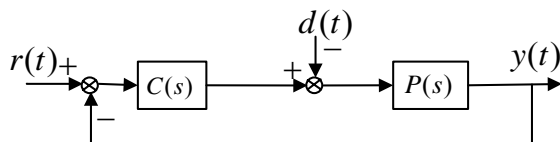
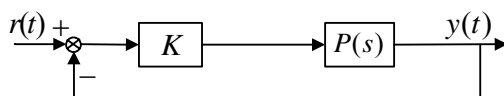
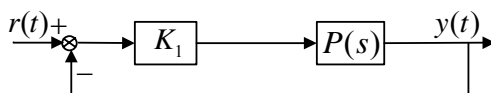


图 2

14. 下图中，已知 $P(s) = \frac{1}{s(s+1)(2s+1)}$ ，请求出闭环系统临界稳定的 K 值和对应的闭环特征根。



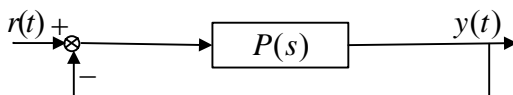
15. 下图中，已知 $P(s) = \frac{1}{s(s+1)(s+2)}$ ，请绘出增益 $K_1 = 0 \rightarrow \infty$ 时闭环系统的根轨迹。



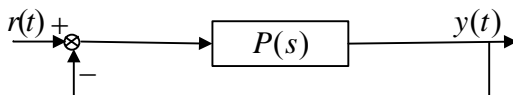
16. 下图中，已知 $P(s) = \frac{1}{s(s+1)(s+0.5)}$ ，请绘出增益 $K_1 = 0 \rightarrow \infty$ 时闭环系统的根轨迹。



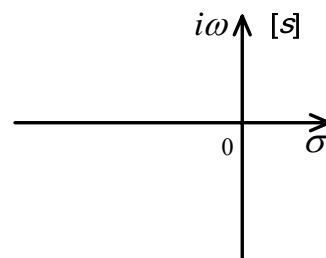
17. 下图中，已知 $P(s) = \frac{2}{s(s+1)(2s+1)}$ ，请绘出系统开环频特性的极坐标图 (Nyquist 图)，并判定闭环系统的稳定性。



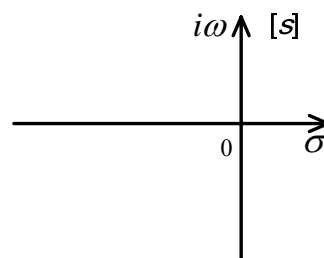
18. 下图中，已知 $P(s) = \frac{1}{s(s+1)(0.5s+1)}$ ，请绘出系统的开环频特性极坐标图 (Nyquist 图)，并判定闭环系统的稳定性。



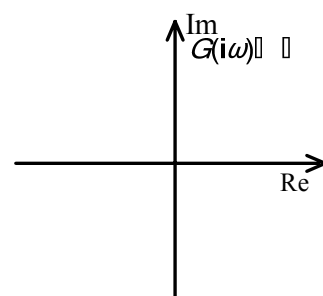
19. 已知单位负反馈系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{K_1}{s}$ ，在 s 平面的坐标系中以 K_1 为变化参数绘制根轨迹，并从根轨迹判定 $K_1 > 0$ 时稳定性。



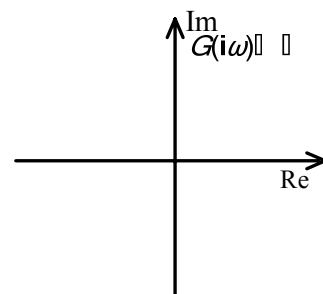
20. 已知单位负反馈系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{K_1(s+3)}{(s+2)(s+4)}$ ，在 s 平面的坐标系中以 K_1 为变化参数绘制根轨迹，并从根轨迹判定 $K_1 > 0$ 时稳定性。



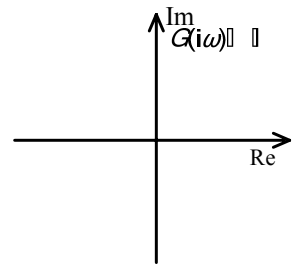
21. 单位负反馈系统的开环传递函数为 $L(s) = \frac{1}{s(s+1)^3}$ ，请绘出系统的开环频特性极坐标图 (Nyquist 图)，并判定闭环系统的稳定性。



22. 已知单位负反馈系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{1}{(s+1)^3}$ ，绘制开环完整的 Nyquist 图，并依此判定系统的稳定性。(7 分)

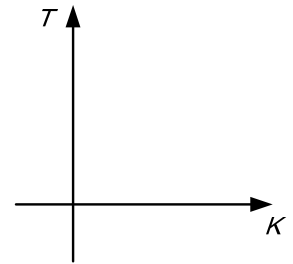


23. 已知单位负反馈系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{2}{(s+1)^3}$ ，绘制开环完整的 Nyquist 图，并依此判定系统的稳定性。(7 分)



24. 设某负单位反馈系统开环传递函数如下。试确定使闭环系统稳定的 K 值和 T 值，并在 K - T 坐标系中用阴影标注稳定区域。(8 分)

$$G(s) = \frac{K(s+1)}{s(Ts+1)(2s+1)}$$



25. 已知单位负反馈系统的开环传递函数为

$$\frac{1}{(T_1s+1)(T_2s+1)(T_3s+1)(T_4s+1)}$$

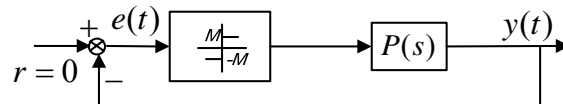
其中 $T_1, T_2, T_3, T_4 > 0$ ，判定系统是否闭环稳定，并给出你的依据。

26. 已知单位负反馈系统的开环传递函数为

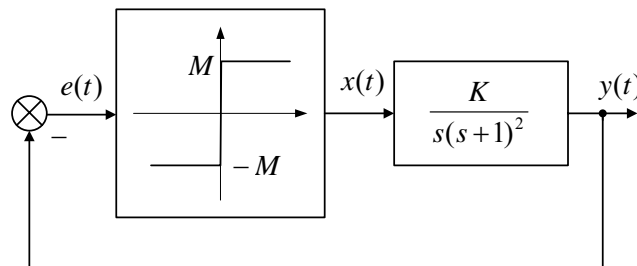
$$L(s) = \frac{24}{Ts(Ts+1)(Ts+2)(Ts+3)(Ts+4)(Ts+5)}$$

其中 $T > 0$ ，判定系统是否闭环稳定，并给出你的依据。

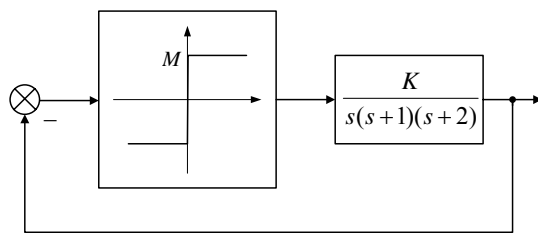
27. 下图所示非线性系统中，线性部分 $P(s) = \frac{1}{s(s+1)(0.5s+1)}$ ，理想继电器特性的描述函数 $N(E) = \frac{4M}{\pi E}$ ，输出幅值 $M=3.5$ ，求系统的自持振荡周期和振幅 E 。



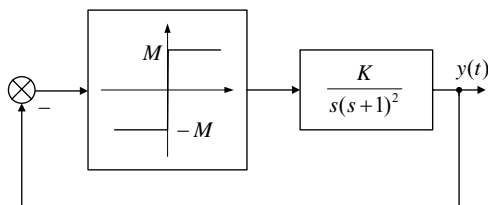
28. 如下图的非线性系统，非线性环节为理想继电器特性（其描述函数为 $N(A) = \frac{4M}{\pi A}$ ）， $M=1$ ， $K=0.6$ ，试分析系统的稳定性，如果系统存在自振，确定自振参数，并在图中标注。



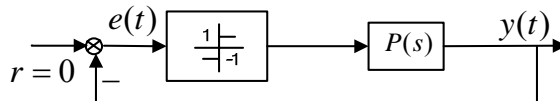
29. 如下图所示非线性系统，非线性环节为理想继电器特性（其描述函数为 $N(A) = \frac{4M}{\pi A}$ ）， $M=2$ ， $K=6$ ，试分析系统的稳定性，如果系统存在自振，确定自振参数，并在图中标注。



30. 如下图所示非线性系统， $M=1$ ， $K=1$ ，试计算系统自振角频率和输出信号 $y(t)$ 的振幅。



31. 下图所示的非线性系统中，线性部分 $P(s) = \frac{1}{(s+1)^4}$ ，理想继电特性的描述函数 $N(A) = \frac{4}{\pi A}$ ，求系统的自振周期和信号 $e(t)$ 的振幅 A 。



32. 已知系统开环传递函数为 $L(s) = \frac{2}{s(3s+1)}$ ，解决以下问题：

- (1) 将虚轴上的开环极点视为稳定的开环极点时的，Nyquist 路径如下图 a，由此画出的 Nyquist 图如图 b。此时如何利用 Nyquist 稳定性判据判定系统稳定性？
- (2) 若将虚轴上的开环极点视为不稳定的开环极点时画出 Nyquist 路径，并绘制 $L(s)$ 的 Nyquist 图，此判定闭环系统的稳定性。

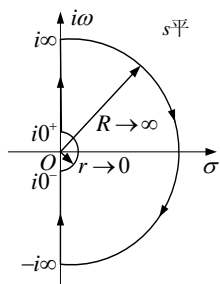


图 a 原点视为的稳定极点时的 Nyquist 路径

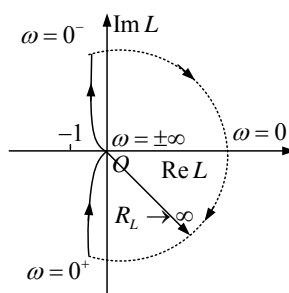


图 b 对应图 a 的 Nyquist 图

33. 已知某系统的开环传递函数为 $L(s) = \frac{3s+1}{s^2(s+1)^2}$ ，解决以下问题：

- (1) 将虚轴上的开环极点视为稳定的开环极点时，Nyquist 路径如下图 a，在图 b 中画出 Nyquist 图(频率范围从 $-\infty$ 到 $+\infty$)。要求给出画图步骤。
- (2) 利用 Nyquist 稳定性判据判定系统稳定性。

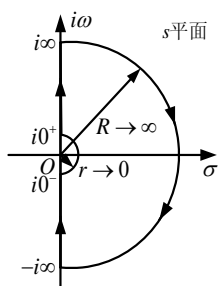


图 a 原点视为的稳定极点时的 Nyquist 路径

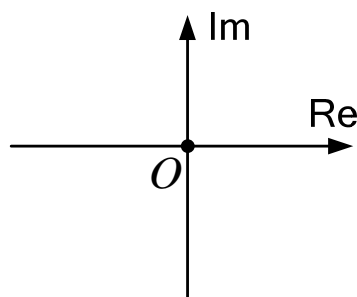


图 b 对应图 a 的 Nyquist 图

34. 已知系统开环传递函数为 $L(s) = \frac{2}{s(3s+1)}$ ，解决以下问题：

- (1) 将虚轴上的开环极点视为稳定的开环极点时的，Nyquist 路径如下图 a，由此画出的 Nyquist 图。此时如何利用 Nyquist 稳定性判据判定系统稳定性？
- (2) 将虚轴上的开环极点视为不稳定的开环极点时的，Nyquist 路径如下图 b，由此画出的 Nyquist 图。此时如何利用 Nyquist 稳定性判据判定系统稳定性？

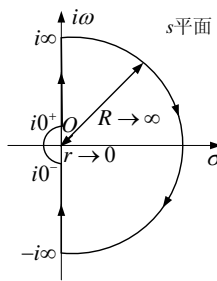
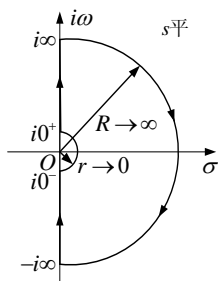


图 a 原点视为的稳定极点时的 Nyquist 路径 图 b 原点视为的不稳定极点时的 Nyquist 路径

35. 已知某系统的开环传递函数为 $L(s) = \frac{2}{s(3s+1)}$ ，解决以下问题：

- (1) 将虚轴上的开环极点视为稳定的开环极点时，Nyquist 路径如下图 a，在图 b 中画出 Nyquist 图(频率范围从 $-\infty$ 到 $+\infty$)。要求给出画图步骤。
- (2) 利用 Nyquist 稳定性判据判定系统稳定性。

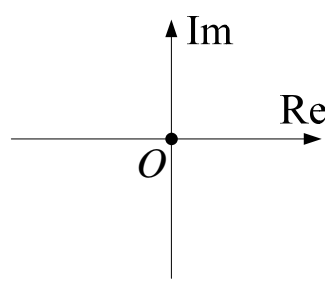
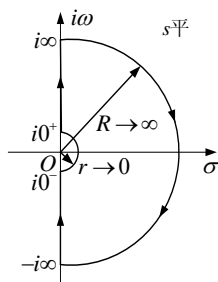


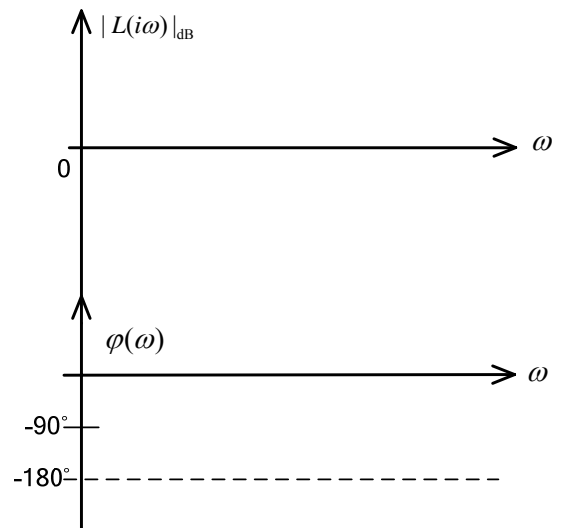
图 a 原点视为的稳定极点时的 Nyquist 路径

图 b 对应图 a 的 Nyquist 图

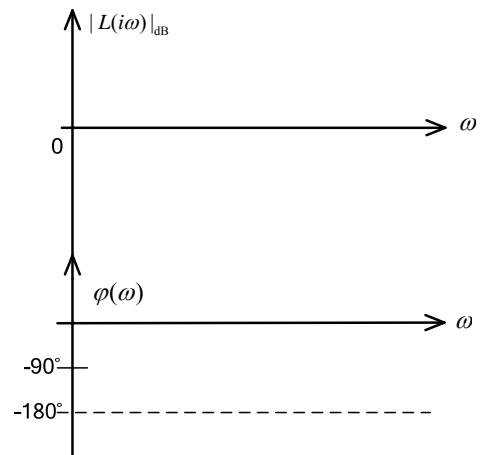
36. 某线性系统的特征方程为 $s^3 + 2s^2 + 3s + 4 = 0$ ，利用 Routh 判据判定其稳定性。

37. 已知闭环系统的特征方程为 $\Delta(s) = 119s^3 + 911s^2 + 9s + 73 = 0$ ，请判断该闭环系统的稳定性。若不稳定有几个不稳定的根？

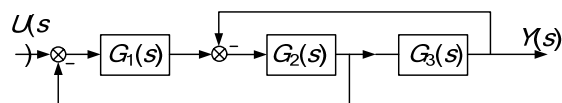
38. 已知单位负反馈系统的开环传递函数为 $L(s) = \frac{1}{s(s+1)}$ ，求剪切频率，绘制开环 Bode 图(包括幅频和相频)，并由 Bode 图计算相角裕度，说明稳定性。(9 分)



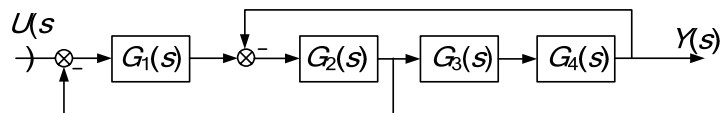
39. 已知单位负反馈系统的开环传递函数为 $L(s) = \frac{100}{s(0.1s+1)}$ ，求剪切频率，绘制开环 Bode 图(包括幅频和相频)，并由 Bode 图计算相角裕度，说明稳定性。(9 分)



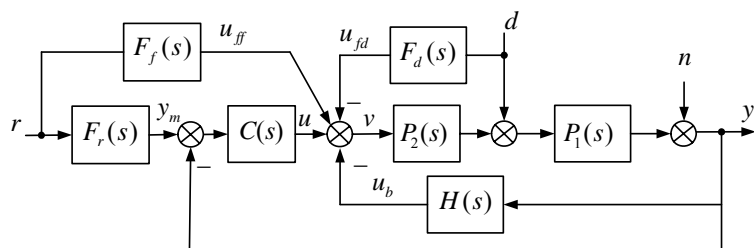
40. 画出下图信号流图，给出回路个数和前向通路的个数，并写出系统传递函数。



41. 画出下图信号流图，给出回路个数和前向通路的个数，并写出系统传递函数。



42. 针对下图所示的框图，利用信号流图推导 $Y(s)$ 的表达式。



43. 系统的输入信号为 $r(t) = 1 + t$ ，输出响应为 $y(t) = (t + 0.9) - 0.9e^{-10t}$ ，初始条件为零，求系统传递函数

$\Phi(s)$ 。

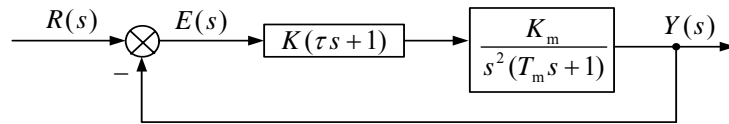
44. 已知单位负反馈系统闭环传递函数为

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{a_{n-1}s + a_n}{s^n + a_1s^{n-1} + \cdots + a_{n-1}s + a_n}$$

证明系统对斜坡输入的响应的稳态误差为零。

45. 已知脉冲传递函数 $G(z) = \frac{Y(z)}{R(z)} = \frac{0.53 + 0.1z^{-1}}{1 - 0.37z^{-1}}$ ，当 $R(z) = \frac{z}{z-1}$ 时，用留数法求 $y(kT)$ 。

46. PD 控制系统如图 1 所示，输入信号为 $r(t) = 1(t) + t + \frac{1}{2}t^2$ ，作稳定性分析及稳态误差分析。



47. 确定由 $y = x^3$ 所表示的非线性元件的描述函数。式中， x 为非线性元件的输入（正弦信号）， y 为非线性元件的输出。

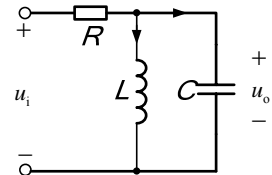
48. 已知单位负反馈系统满足下列条件：(1)开环传递函数 $G(s) = \frac{k}{A(s)}$ ， k 为开环放大系数， $A(s)$ 为三阶多项式；(2)由单位阶跃函数输入引起的稳态误差为 0；(3)闭环系统的特征方程为 $s^3 + 4s^2 + 6s + 10 = 0$ 。试求 $G(s)$ 。

49. 设负反馈系统的开环传递函数为 $G(s)H(s) = \frac{K(s+3)}{s(s+2)}$ ，证明其根轨迹的一部分是圆。并指出其圆心和半径。

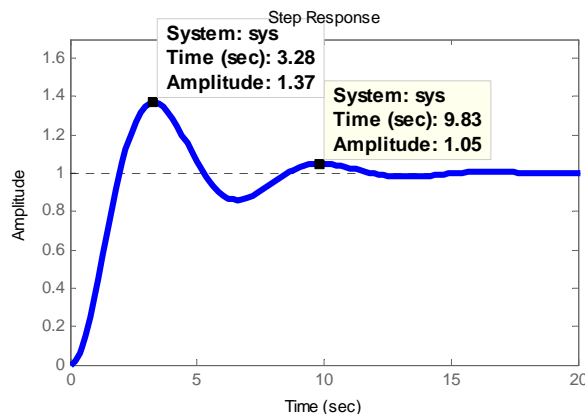
50. 设单位负反馈系统开环传递函数 $G(s) = \frac{as+1}{s^2}$ ，试确定使相位裕度为 45° 时的 a 值。

51. 知差分方程 $y(k+2) - 3y(k+1) + 2y(k) = x(k)$ ，其初始条件为零，且 $x(k) = \begin{cases} 1, & k=0 \\ 0, & k \neq 0 \end{cases}$ ，求 $y(k)$ 在 $k \geq 0$ 的解。

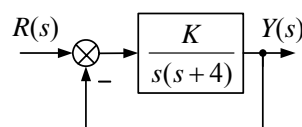
52. 已知 R-L-C 网络如图所示，输入为 u_i ，输出为 u_o ，试列写该网络的微分方程模型。



53. 某典型二阶系统单位阶跃响应曲线如图所示。求：(1)调整时间 t_s ；(2)超调量 σ_p ；(3)峰值时间 t_p ；(4)阻尼振荡频率 ω_d ；(5)系统极点。



54. 已知控制系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{K}{s(s+1)(s+5)}$ ，请画出闭环系统的根轨迹，并讨论使系统稳定的 K 值范围。



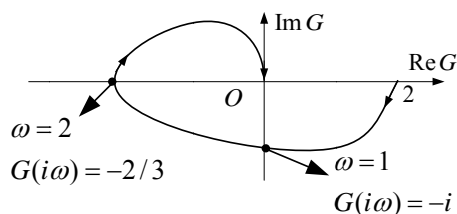
已知单位反馈系统结构图如图所示。求

(1) $K=20$ 时系统单位阶跃响应的超调量 σ_p ;

(2) K 取何值才能使系统单位阶跃响应的超调量 $\sigma_p = 10\%$ 。

55. 已知控制系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{K}{s(s+1)(s+8)}$, 请画出闭环系统的根轨迹, 并讨论使系统阶跃响应为振荡衰减的 K 值范围。

56. 如图为实验测得的某三阶系统的频率特性图。写出系统的传递函数 $G(s)$ 。



57. 已知控制系统的开环传递函数为 $G_k(s) = \frac{K_g}{s^2(s+3)}$, 请画出闭环系统的根轨迹。

58. 已知控制系统的开环传递函数为 $G_k(s) = \frac{K_g}{s(s+1)}$, 请画出闭环系统的根轨迹。

59. 已知某系统的开环传递函数 $G_0(s) = \frac{K}{(T_1s+1)(T_2s+1)}$, 请绘出它的奈魁斯特 (Nyquist) 图, 并分析闭环系统的稳定性。

60. 已知开环系统的传递函数为

$$G(s) = \frac{K}{s+1}$$

求当 $r(t) = 1+t$ 时的稳态误差 e_{ss} 。

61. 已知某系统的开环传递函数

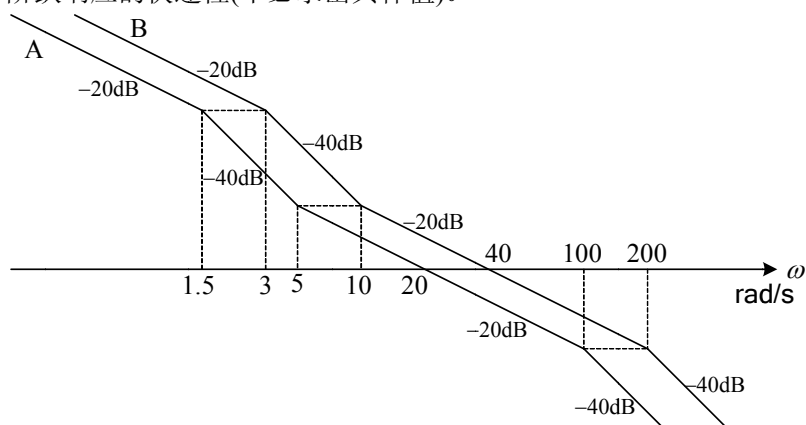
$$G_0(s) = \frac{K}{s(Ts+1)}$$

试绘制系统的开环对数幅频特性 (伯德图)。

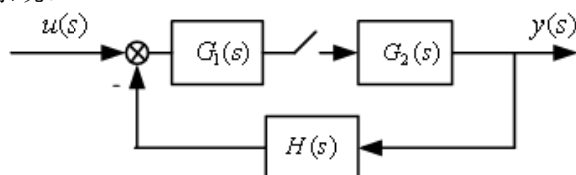
62. 已知两最小相位系统的开环对数幅频特性如下图所示, 试比较以下各项:

(1) 系统 A 与 B 的稳态性能 (指开环放大倍数);

(2) 系统 A 与 B 阶跃响应的快速性 (不必求出具体值)。



63. 考虑图所示的闭环采样系统。



求输出量的 Z 变换、闭环采样系统的脉冲传递函数和系统的特征方程。

64. 已知控制系统的开环传递函数为 $G_k(s) = \frac{K_g}{s(s+1)(s+2)}$ ，请画出闭环系统的根轨迹，并讨论在系统中引入一个零点 $z=-3$ 后系统根轨迹的变化情况。

65. 设系统为单位负反馈系统，若系统的开环传递函数分别为

$$(1) G_0(s) = \frac{K}{(s-1)(s+2)}; (2) G_0(s) = \frac{K}{(s+1)(s-2)}$$

试采用劳斯（Routh）稳定性判据判断哪个系统可能是闭环稳定的，并说明条件。

66. 已知某单位负反馈系统的开环传递函数为

$$G_0(s) = \frac{K(T_1s+1)}{s^2(T_2s+1)}$$

其中 $K > 0$ ， $T_1 > 0$ ， $T_2 > 0$ 且 $T_1 > T_2$ 。试分别采用根轨迹法和奈奎斯特（Nyquist）稳定性判据说明该闭环系统是稳定的。

67. 设单位负反馈系统的开环传函为 $G(s) = \frac{10}{s(0.1s+1)(0.001s+1)^{10}}$ ，试绘制该系统的 Bode 图，求出该系统的剪切频率 ω_c 和系统的相角裕度 $\varphi_m = 180^\circ + \varphi(\omega_c)$ ，由此判断闭环系统的稳定性。

68. 已知一最小相位系统的开环对数幅频特性如下图所示，试求以下各项：

(1) 系统开环放大倍数 K ；

(2) 系统的开环传递函数。

(3) 系统的相角裕度 φ_m 。

